



**Закрытое Акционерное Общество «АКТИ-Мастер»
АКТУАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАТИКА**

127254, Москва, Огородный проезд, д. 5, стр. 5
тел./факс (495)926-71-85 E-mail: post@actimaster.ru
<http://www.actimaster.ru>

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ЗАО «АКТИ-Мастер»

В.В. Федулов
« 24 » мая 2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Генераторы сигналов произвольной формы модульные
NI PXIe-5413, NI PXIe-5423, NI PXIe-5433**

**Методика поверки
NI5433/МП-2019**

Заместитель генерального директора
по метрологии ЗАО «АКТИ-Мастер»

Д.Р. Васильев

г. Москва
2019

Настоящая методика поверки распространяется на генераторы сигналов произвольной формы модульные NI PXIe-5413, NI PXIe-5423, NI PXIe-5433 (далее – генераторы), изготавливаемые компаниями “National Instruments Corporation” (США), и “National Instruments Corporation” (Венгрия), и устанавливает методы и средства их поверки.
Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр и подготовка к поверке	6	да	да
Опробование (функциональное тестирование и идентификация ПО)	7.2	да	да
Определение погрешности установки частоты	7.3	да	да
Определение погрешности установки постоянного напряжения смещения	7.4	да	да
Определение погрешности установки амплитуды синусоидального напряжения частотой 50 kHz	7.5	да	да
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	7.6	да	да

1.2 По письменному запросу пользователя для двухканальной модели поверка может быть выполнена по указанным в таблице 1 операциям на одном из двух каналов, при этом должна быть сделана соответствующая запись в свидетельстве о поверке.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 Для проведения поверки рекомендуется применять средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

№	Наименование средства поверки	Номер пункта методики	Требуемые технические характеристики	Рекомендуемый тип средства поверки, рег. номер реестра
1	2	3	4	5
Средства измерений				
1	Стандарт частоты	7.3	относительная погрешность воспроизведения частоты 10 MHz не более $\pm 5 \cdot 10^{-8}$	Стандарт частоты рубидиевый Stanford Research Systems FS725; рег. № 31222-06
2	Частотомер	7.3	индикация не менее 8 разрядов, внешняя синхронизация частотой 10 MHz	Частотомер универсальный Tektronix FCA3000; рег. № 51532-12
3	Вольтметр постоянного и переменного напряжения	7.4 7.5	абсолютная погрешность измерения: - постоянного напряжения U_+ от 30 mV до 4 V не более $\pm(1 \cdot 10^{-4} \cdot U_+ + 0.1 \text{ mV})$ - переменного напряжения $U_-(\text{rms})$ от 20 mV до 3 V частотой 50 kHz не более $\pm(2 \cdot 10^{-3} \cdot U_- + 0.1 \text{ mV})$	Мультиметр цифровой модульный NI PXI-4071; рег. № 57582-14

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
4	Ваттметр поглотимой мощности СВЧ	7.6	относительная погрешность измерения мощности СВЧ от -20 до +6 dBm на частотах от 0.05 до 80 MHz не более ± 0.2 dB	Преобразователь измерительный Rohde & Schwarz NRP-Z91, пер. № 37008-08
Вспомогательные средства и принадлежности				
1	шасси PXI Express с модулем контроллера	7.2 – 7.6	не менее 4-х слотов; HDD \geq 40 GB, ОЗУ \geq 512 MB; слоты USB	шасси National Instruments PXIe-1071 с модулем контроллера PXIe-8840
2	монитор компьютерный	7.2 – 7.6	интерфейс VGA/DVI	-
3	клавиатура компьютерная	7.2 – 7.6	интерфейс USB	-
4	манипулятор «мышь»	7.2 – 7.6	интерфейс USB	-
5	дисковод CD	7.2	интерфейс USB	-
6	кабель ВЧ	7.3 – 7.5	BNC(m,m)	-
7	адаптер	7.3 – 7.5	SMA(m)-BNC(f)	-
8	адаптер	7.4, 7.5	BNC(f)-banana(m,m)	-
9	адаптер	7.6	BNC(f)-N(f)	-
Программное обеспечение				
1	драйвер	раздел 7	управление режимами	NI-FGEN версии не ниже 17.1
2	операционная система	раздел 7	управление режимами	Windows 7/10

2.2 Средства измерений должны быть исправны, поверены и иметь документы о поверке.

2.3 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемых генераторов с требуемой точностью.

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению поверки допускаются лица с высшим или среднетехническим образованием, имеющие практический опыт в области радиотехнических измерений.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

4.2 Во избежание несчастного случая и для предупреждения повреждения генератора необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- подключение шасси с генератором и средствами поверки к сети должно производиться с помощью сетевого кабеля из комплекта шасси;
- заземление шасси и средств поверки должно производиться посредством заземляющих контактов сетевых кабелей;
- присоединения генератора и оборудования следует выполнять при отключенных входах и выходах (отсутствии напряжения на разъемах);
- запрещается работать с генератором в условиях температуры и влажности, выходящих за пределы рабочего диапазона, а также при наличии в воздухе взрывоопасных веществ;
- запрещается работать с генератором в случае обнаружения его повреждения.

5 УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПОВЕРКЕ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия окружающей среды:

- температура воздуха $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха от 30 до 70 %;
- атмосферное давление от 84 до 106.7 кПа.

6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР И ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При проведении внешнего осмотра проверяются:

- чистота и исправность разъемов, отсутствие механических повреждений элементов генератора;
- правильность маркировки и комплектность генератора.

6.1.2 При наличии дефектов или повреждений, препятствующих нормальной эксплуатации поверяемого генератора, его направляют в сервисный центр для ремонта.

6.2 Подготовка к поверке

6.2.1 Перед началом работы следует изучить руководство по эксплуатации генератора, а также руководства по эксплуатации применяемых средств поверки.

6.2.2 Выполнить загрузку программного обеспечения и установку генератора по следующей процедуре:

- 1) установить контроллер в два левых слота шасси.
- 2) присоединить монитор, клавиатуру и мышь к соответствующим разъемам контроллера.
- 3) подключить монитор к сети $(220 \pm 10) \text{ V}$; $(50 \pm 0.5) \text{ Hz}$.
- 4) подсоединить шасси к сети $(220 \pm 10) \text{ V}$; $(50 \pm 0.5) \text{ Hz}$.
- 5) Инсталлировать программный пакет NI-FGEN на контроллер.
- 6) остановить работу контроллера и выключить питание шасси.
- 7) установить генератор в слот шасси PXI Express.
- 8) включить питание шасси и дождаться загрузки контроллера.

6.2.3 Подготовить средства поверки к работе в соответствии с руководствами по эксплуатации.

6.2.4 Выдержать генератор и средства поверки во включенном состоянии в соответствии с указаниями руководств по эксплуатации. Минимальное время прогрева генератора 30 min.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Общие указания по проведению поверки

В процессе выполнения операций результаты должны укладываться в пределы допускаемых значений, которые указаны в таблицах настоящего раздела документа.

При получении отрицательных результатов по какой-либо операции необходимо повторить операцию. При повторном отрицательном результате генератор следует направить в сервисный центр для проведения регулировки или ремонта.

7.2 Опробование (функциональное тестирование и идентификация ПО)

7.2.1 Запустить программу “Measurement & Automation Explorer”, в меню “Devices & Interfaces” выбрать наименование шасси, и затем наименование генератора.

Убедиться в том, что в окне отображается информация, содержащая серийный номер, и номер слота шасси, в которое установлен генератор.

Записать результат проверки в таблицу 7.2.

7.2.2 Запустить процедуру тестирования “Self-Test”.

После завершения процедуры тестирования должно появиться сообщение “The self-test completed successfully”.

Записать результат проверки в таблицу 7.2.

7.2.3 Запустить процедуру автоподстройки “Self-Calibrate”. По завершении процедуры (несколько минут) должно появиться сообщение “The device was calibrated successfully”.

Записать результат проверки в таблицу 7.2.

7.2.4 Выбрать из списка папку “Software”, открыть вложенную папку “NI-FGEN” и кликнуть на “FGEN Soft Front Panel”. В окне должен отображаться номер версии (Version) программного обеспечения (драйвера NI-FGEN).

7.2.5 Запустить программу “NI-FGEN” кликом на значке “Launch NI-FGEN Soft Front Panel” в левом верхнем углу окна.

После загрузки программы должна появиться панель “NI-FGEN Soft Front Panel”, и отсутствовать сообщения об ошибках.

Записать результат проверки в таблицу 7.2.

Таблица 7.2 – Опробование и функциональное тестирование

Содержание проверки	Результат проверки	Критерии проверки
отображение серийного номера		правильно отображается серийный номер
отображение номера слота шасси, в который установлен прибор		правильно отображается номер слота шасси
процедура “Self-Test”		сообщение “The self-test completed successfully”
процедура “Self-Calibrate”		сообщение “The device was calibrated successfully”
идентификация ПО		FGEN Soft Front Panel 17.1 и выше
запуск “NI-FGEN Soft Front Panel”		отображение панели “NI-FGEN Soft Front Panel”

7.3 Определение погрешности установки частоты

7.3.1 Соединить кабелем BNC(m,m) выход “10 MHz” стандарта частоты с входом “Ref In” частотомера.

Используя адаптер SMA(m)-BNC(f), соединить кабелем BNC(m,m) выходной разъем канала CH0 генератора с входным разъемом частотомера.

7.3.2 Установить частотомер в режим измерения частоты, входное сопротивление “50 Ω”.

7.3.3 В верхней строке меню панели генератора кликнуть на “Edit”, в окне “Device Configuration” выбрать:

Output, Load Impedance “Same as Output”
Update Clock, Reference Clock Source: Internal

7.3.4 Установить на генераторе частоту (Frequency) 10 MHz, амплитуду сигнала (Amplitude) 2.5 Vp-p, напряжение смещения (DC Offset) 0 mV.

7.3.5 Активировать выход генератора клавишей Run ►.
Записать отсчет частотомера в столбец 3 таблицы 7.3.

7.3.6 Отключить выход генератора клавишей Stop ◻
Отсоединить кабель от частотомера.

Таблица 7.3 – Погрешность установки частоты

Установленное значение, MHz	Нижний предел допускаемых значений, MHz	Измеренное значение, MHz	Верхний предел допускаемых значений, MHz
1	2	3	4
10	$10 - \Delta F$		$10 + \Delta F$

$\Delta F = (0,000015 + N \cdot 0,000015)$ MHz, N - количество лет после подстройки, округленное в большую сторону

7.4 Определение погрешности установки постоянного напряжения смещения

7.4.1 Используя адаптер SMA(m)-BNC(f), кабель BNC(m,m) и адаптер BNC(f)-banana(m,m), соединить выходной разъем канала CH0 генератора с входными гнездами мультиметра таким образом, чтобы центральный проводник кабеля был соединен с клеммой “HI”, а экранированный проводник – с клеммой “LO”.

7.4.2 Установить мультиметр в режим постоянного напряжения (7,5 digits).

7.4.3 В верхней строке меню панели генератора кликнуть на “Edit”, в окне Device Configuration” выбрать:

Output, Load Impedance “>1 MOhm”
Установить на генераторе частоту (Frequency) 50 kHz.

7.4.4 Нажать на панели генератора клавишу RUN ►.
Устанавливать на панели генератора значения амплитуды сигнала (Amplitude) и напряжения смещения (DC Offset), как указано в столбцах 1 и 2 таблицы 7.4.

Вводить на мультиметре диапазон, соответствующий напряжению смещения.
Записывать отсчеты мультиметра в столбец 4 таблицы 7.4.

7.4.5 Отключить выход генератора клавишей Stop ◻

7.4.6 Отсоединить кабель и адаптер от мультиметра.

Таблица 7.4 – Погрешность установки напряжения смещения

Установленные значения напряжения		Диапазон мультиметра	Нижний предел допускаемых значений	Измеренное мультиметром значение	Верхний предел допускаемых значений
Амплитуда	Смещение				
1	2	3	4	5	6
7.34 V	+3.67 V	10 V	+3.63096 V		+3.70904 V
	-3.67 V		-3.70904 V		-3.63096 V
1.936 V	+0.968 V	10 V	+0.95734 V		+0.97866 V
	-0.968 V		-0.97866 V		-0.95734 V
0.696 V	+0.348 V	1 V	+0.34385 V		+0.35215 V
	-0.348 V		-0.35215 V		-0.34385 V
0.214 V	+0.107 V	1 V	+0.10538 V		+0.10862 V
	-0.107 V		-0.10862 V		-0.10538 V
0.066 V	+0.033 V	100 mV	+32.15 mV		+33.85 mV
	-0.033 V		-33.85 mV		-32.15 mV

7.4.7 Для двухканальной модели генератора выполнить действия по пунктам 7.4.1 – 7.4.5 для канала CH1 генератора.

7.5 Определение погрешности установки амплитуды синусоидального напряжения частотой 50 kHz

7.5.1 Используя адаптер SMA(m)-BNC(f), кабель BNC(m,m) и адаптер BNC(f)-banana(m,m), соединить выходной разъем канала CH0 генератора с входными гнездами мультиметра таким образом, чтобы центральный проводник кабеля был соединен с клеммой “HI”, а экранированный проводник – с клеммой “LO”.

7.5.2 Установить мультиметр в режим переменного напряжения (6,5 digits).

7.5.3 В верхней строке меню панели генератора кликнуть на “Edit”, в окне “Device Configuration” выбрать:

Output, Load Impedance “>1 MOhm”

Установить на генераторе частоту (Frequency) 50 kHz.

7.5.4 Нажать на панели генератора клавишу RUN ►.

Устанавливать на панели генератора значения амплитуды сигнала (Amplitude), как указано в столбце 1 таблицы 7.5.

Вводить на мультиметре соответствующие значения диапазона.

Записывать отсчеты мультиметра в столбец 4 таблицы 7.5.

Таблица 7.5 – Погрешность установки амплитуды напряжения частотой 50 kHz

Установленное значение напряжения генератора		Нижний предел допускаемых значений (rms)	Измеренное мультиметром значение (rms)	Верхний предел допускаемых значений (rms)
p-p	rms			
1	2	3	4	5
7.34 V	2.5951 V	2.5688 V		2.6214 V
2.27 V	0.8026 V	0.7942 V		0.8110 V
0.69 V	0.2440 V	0.2412 V		0.2468 V
0.21 V	74.25 mV	73.14 mV		75.36 mV
0.065 V	22.98 mV	22.39 mV		23.57 mV

7.5.5 Отключить выход генератора клавишей Stop □.

7.5.6 Для двухканальной модели генератора выполнить действия по пунктам 7.5.1 – 7.5.5 для канала CH1 генератора.

7.6 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики

7.6.1 Используя адаптер SMA(m)-N(f), присоединить разъем преобразователя мощности ваттметра СВЧ к разъему канала CH0 генератора.

7.6.2 В верхней строке меню панели генератора кликнуть на “Edit”, в окне “Device Configuration” выбрать:

Output, Load Impedance “Same as Output”

7.6.3 Выполнить установки на ваттметре СВЧ:

Average 32

Frequency 50 kHz

7.6.4 Установить на панели генератора частоту (Frequency) 50 kHz, амплитуду (Amplitude) синусоидального сигнала 3.5 V p-p.

7.6.5 Нажать на панели генератора клавишу RUN ►.

7.6.6 Ввести на ваттметре СВЧ функцию относительных измерений нажатием клавиш [M2Ref], [dB]. При этом должно индцироваться значение 0.00 dB.

7.6.7 Устанавливать на панели генератора значения частоты, указанные в столбце 1 таблицы 7.6 для данного значения амплитуды сигнала, указанного в столбце 2 таблицы 7.6.

Вводить соответствующие значения частоты на ваттметре СВЧ.

Записывать отсчеты относительного уровня мощности на ваттметре СВЧ в столбец 3 таблицы 7.6.

7.6.8 Перевести ваттметр СВЧ в нормальный режим нажатием клавиши [dBm].

7.6.9 Выполнить действия по пунктам 7.6.4, 7.6.6 – 7.6.8 для остальных значений амплитуды генератора, указанных в столбце 2 таблицы 7.6.

7.6.10 Отключить выход генератора клавишей Stop ◻

7.6.11 Для двухканальной модели генератора выполнить действия по пунктам 7.6.1 – 7.6.10 для канала CH1 генератора.

Таблица 7.6.1 – Неравномерность АЧХ модели NI PXIe-5413

Установленные значения генератора		Измеренное значение, dB	Пределы допускаемых значений, dB
Частота, MHz	Амплитуда, V p-p		
1	2	3	4
0.05	3.50	опорное (Ref)	-
1			±0,40
20			±0,60
0.05	1.00	опорное (Ref)	-
1			±0,40
20			±0,40
0.05	0.10	опорное (Ref)	-
1			±0,40
20			±0,40

Таблица 7.6.2 – Неравномерность АЧХ модели NI PXIe-5423

Установленные значения генератора		Измеренное значение, dB	Пределы допускаемых значений, dB
Частота, MHz	Амплитуда, V p-p		
1	2	3	4
0.05	3.50	опорное (Ref)	-
1			±0,40
20			±0,60
40			±0,80
0.05	1.00	опорное (Ref)	-
1			±0,40
20			±0,40
40			±0,45
0.05	0.10	опорное (Ref)	-
1			±0,40
20			±0,40
40			±0,45

Таблица 7.6.3 – Неравномерность АЧХ модели NI PXIe-5433

Установленные значения генератора		Измеренное значение, dB	Пределы допускаемых значений, dB
Частота, MHz	Амплитуда, V p-p		
1	2	3	4
0.05	3.50	опорное (Ref)	-
1			±0.40
20			±0.60
40			±0.80
0.05	1.00	опорное (Ref)	-
1			±0.40
20			±0.40
40			±0.45
60			±0.50
80			±0.65
0.05	0.10	опорное (Ref)	-
1			±0.40
20			±0.40
40			±0.45
60			±0.50
80			±0.65

ПОВЕРКА ЗАВЕРШЕНА

Выключить генератор и средства поверки.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Протокол поверки

По завершении операций поверки оформляется протокол поверки в произвольной форме. В протоколе поверки разрешается привести качественные результаты измерений о соответствии допускаемым значениям без указания измеренных числовых значений величин.

Вместо оформления протокола поверки допускается указать результаты поверки на обратной стороне свидетельства о поверке.

8.2 Свидетельство о поверке и знак поверки

При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке и наносится знак поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 г.

8.3 Извещение о непригодности

При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании или выполнении операций поверки, выдается извещение о непригодности в соответствии с Приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 г.